序

毎日，トークバック装置を何の疑いもなくお使いいいただきましてありがとうございます．

この文書は，前半ではトークバック装置の接続方法と主な機能（といってもたいした機能もありませんが）を紹介し，後半では本装置がどのような動作原理に基づいて動いているのか（大袈裟…）を説明しています．

このトークバック装置は，筆者が学部 3 年のときに NHK-FM の収録に立ち会った際に，NHK 仙台放送局の収録スタジオのシステムに触発されて製作したものです．当時はかなりのショックを受けたものです．最終的には本トークバックシステムとヘッドホンアンプ，およびカフを融合させ，収録がスムーズに行えるようなシステムを構築しようとしたのですが，未完に終わってしまいました．

製作から 2 年半が経ち，目立った不具合もなく稼動し続けましたが，故障時に備えて，技術的な情報を残す必要性からこの文書を書いた次第です．製作からだいぶ経ってしまい，当時のことを思い出しながらこの文書を書いていますので，もしかしたら，後半の技術情報の部分で実際の回路構成とそぐわない部分があるかもしれませんが，何卒ご容赦くださるようお願いいたします．

最後になりましたが，トークバック装置の製作において，有益なご意見を賜りました大河雄一さんに，そして毎日使ってくださる現役部員のみなさんに，この場を借りて厚く御礼申し上げます．

2001 年 12 月 1 日
斉藤　拓（09）
`takutaku@msb.biglobe.ne.jp`

本文書はフォントにこだわる作者自身が日本語版 LaTeX 2ε（pLaTeX 2ε）で組版（くみはん）したものです．本文フォントにはヒラギノ明朝体 3 と Times Roman[*1]，見出しには**ヒラギノ角ゴ** 5 と Frutiger[*2]を使用しています．

ただし，β 版はファイル容量を小さくするため，和文フォントはリュウミン L と中ゴシック BBB を使用し，フォントを埋め込んでいません．したがって，Acrobat (Reader) ではシステムのフォントに置き換えられます．

2002 年 12 月 19 日 23:15 Ver. β 0.1

[*1] Acrobat（Reader）では Times New Roman で代用されます．

[*2] 実際には Bitstream 社の Humanist 777 Roman を使用しています．権利の問題で同じデザインのフォントですが異なった名前が使われます．

目次

第 I 部

取扱説明書

完成までしばらくお待ちください.

本体や拡張装置の接続方法やその機能などについて，表面的に解説する予定です.

第 II 部
技術資料

1　はじめに

これから先は，ある程度電気に関して技術的な知識がある人向けです．ですが，心配することはありません．文献 [1] を読めば，このトークバック装置について，ほとんどのことが理解できると思いますオペアンプについてさらに深く知りたい人は文献 [2] を読むことをお薦めします．

紙面の都合で，全体の回路図を載せることができないため，ブロックダイヤグラムと各部の回路図に分けています．実際の基盤も，単純に独立したいくつかのユニットを配線するという形態を採っていますので，そのほうが都合が良いかと思います．

本装置は，本体と拡張部に分かれていますが，その回路はほぼ同じになっています．本体の回路の説明をメインに，拡張部については後で簡単にふれることにします．

2　ブロックダイヤグラム

トークバック装置のブロックダイヤグラムを図 1 に示します．装置本体は，コンデンサーマイクに電源を供給する回路，マイクアンプ，マイクおよびミュートの ON/OFF を行う電子スイッチとそのコントロール電圧発生部，そしてミキシングアンプからなっています．この他，電源を供給する電源装置と，スピーカーに接続された 2 チャンネルアンプにつながる拡張装置があります．本体の入力端子として，マイク入力（ミニジャック），ライン入力（RCA ピン），電源（3 ピン）があり，ライン出力（RCA ピン）を 1 系統備えています．また，プッシュスイッチを接続するためのリモート端子（5 ピン）のほか，拡張装置に本体から電源，マイク信号，およびコントロール電圧を送るための拡張端子（5 ピン）も備えています．

それでは各部の回路を詳しく見ていきましょう．

3　各部の回路図

3.1　マイク電源部

図 2 はコンデンサーマイクに電源を供給するための回路です．ポータブルのレコーダーによくある「プラグインパワー」[*3]です．接続するマイクは安く売られている（100 円くらい）2 端子タイプ[*4]のコンデンサーマイクを使用してください．現在使用しているタイプ以外のマイクは動作しないようです．最悪の場合マイクを壊してしまう可能性があります．これは，本装置で供給している

[*3] コンデンサーマイクを動かすためには電源が必要ですが，その電源をレコーダーから供給する方式です．したがって，マイク本体に電池は要りません．

[*4] 3 端子タイプもあります．

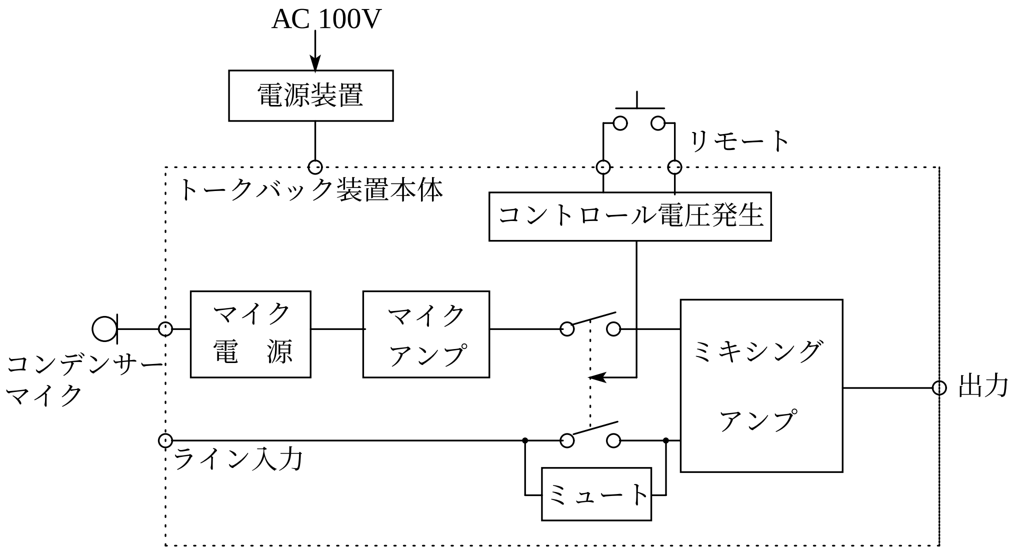


図 1: ブロックダイヤグラム

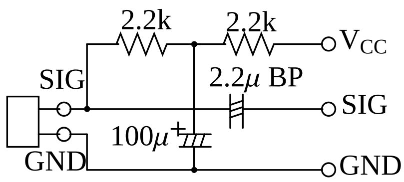


図 2: マイク電源部の回路図

電源の電圧（V_{CC} の 12 V）が，一般のバックエレクトレット型のコンデンサーマイクに供給する電圧より高いためです（通常は 1.5 V 程度？）．もし，ダイナミック型のマイクを接続する際は，この電源回路は不要ですので取り外してください[*5]．

本装置で使用した安物コンデンサーマイクの仕様を表 1 に載せておきます．

表 1: コンデンサーマイクの仕様

動作電圧	2〜10 V	感度	−62 dB±3 dB
消費電力	< 0.8 mA	指向性	無指向性
出力インピーダンス	1.5〜2.2 kΩ		

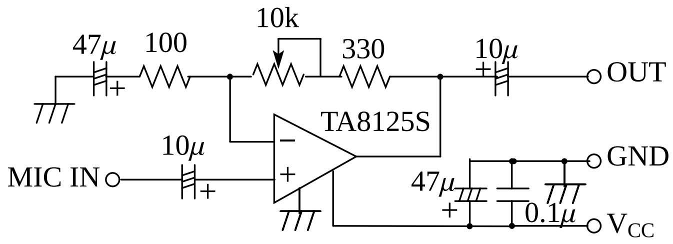


図 3: マイクアンプの回路図

3.2　マイクアンプ

マイク信号をラインレベルに増幅するためのアンプ部分の回路を図 3 に示します．この部分は，梅澤無線電機[*6] の「1 チャンネルマイクアンプ」キットを使用しています．10 kΩ のボリュームは元々，ゲイン調整用の半固定抵抗でしたが，部品点数の削減のため本体前面パネルの「マイク音量」として使用しています．したがって，ボリュームを最小にしても隣の 330 Ω の抵抗のため，**完全にマイク音量を絞ることはできません**．電圧ゲインは外付け抵抗の比で決まり，10〜40 dB となっています．このマイクアンプと前節のマイク電源は単電源（+12 V）で動作しています．このキットの説明書によると，電源電圧 6〜16 V の範囲で動作し，消費電流は最大 6 mA（V_{CC} = 6 V，無信号入力時）となっています．

3.3　ミキシングアンプ

ここが本装置のメインで，マイク信号とミキサーからの信号をミキシングします．難しそうですが，オペアンプのミキシング回路そのものです．この回路を理解するためには，文献 [1] の 172 ページを参照ください．大事なところですのでここでも簡単に説明します．

まず，本トークバック装置の機能をおさらいしましょう．それは，

- スイッチを押している間だけ[*7]マイクが ON になる．
- それと連動して，BGM（ミキサーの出力）にミュートがかかる（音が小さくなる）．

です．BGM に「ミュートをかける」ためには，オペアンプのミキシング回路の仕組みを使います．ミキシング回路の基本回路を図 4 に示します．

入力 1 の電圧増幅率は単純に R_f/R_{S1} となり，**他のチャンネルの R_S の値には依りません**．同様に，入力 2 の増幅率は R_f/R_{S2} となります．

[*5] プラグインパワー方式のマイク端子にダイナミックマイクを接続しても問題ないので，そのまま接続しても大丈夫ですが，なるべく外すことを勧めます．

[*6] 〒982-0012 宮城県仙台市太白区長町南 4 丁目 25-5，Tel: 022-304-3880（2002 年 5 月に移転しました）
`http://www.umezawa.co.jp/`

[*7] オルタネート型のスイッチ（押すとロックされるタイプ）に交換すれば，ON の状態をホールドすることが可能です．

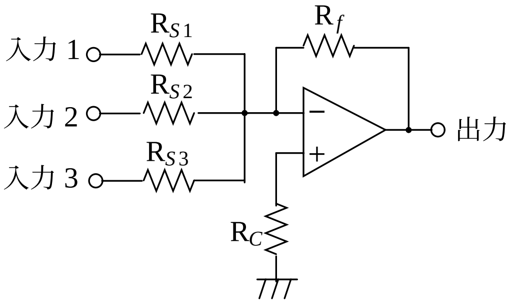


図 4: ミキシングアンプの基本回路

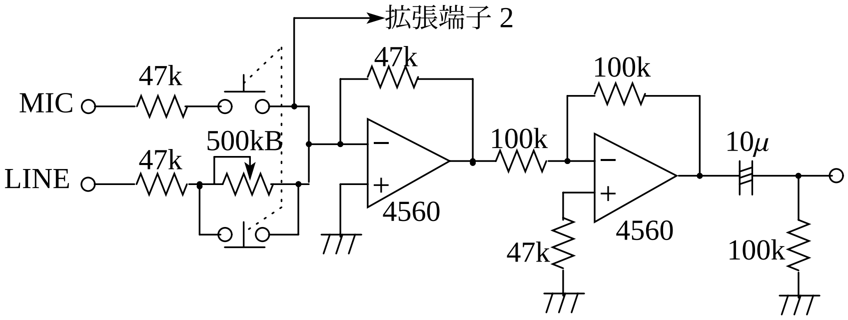


図 5: ミキシングアンプの回路図

以上のことを踏まえて，図 5 をご覧ください．なお，図中ではオペアンプ IC の正・負電源は省略しています．

マイク入力のゲインは 47k/47k = 1 です[*8]．マイク側のスイッチが OFF[*9]のときは，図中ライン側のスイッチは ON となっており，500 kΩ のボリュームはバイパスされます．したがって R_S = 47 kΩ となりラインのゲインは 1 となります．マイクが ON になると，それと連動してバイパススイッチが OFF となり，500 kΩ のボリュームが 47 kΩ の抵抗と直列につながりますので，ゲインは 1 より小さくなり，結果としてライン入力にミュートがかかります．ミュート量は 500 kΩ のボリューム値で調整します．

R_C は通常ドリフトの軽減のために入れます．R_C の値は一般に，$R_{S1}//R_{S2}//\cdots//R_f$[*10]が最適となります．しかし，本装置では R_S が一定ではありませんので，R_C は入れていません．

オペアンプは 600 Ω ドライブが可能な JRC[*11] の NJM4560D を使用しました．ミキシング回路は反転入力を用いますので，位相を元に戻すためにゲイン 1 の反転バッファを後ろに加えています．4560 はデュアルの IC ですので，図 5 の 2 つのオペアンプ記号は実際は 1 つの IC の中に入っています．

*8 マイクアンプでラインレベルまで増幅された信号を受けるためです．

*9 このスイッチについては次節で詳しく説明します．

*10 並列合成値です．きちんと書くと，$R_C = \left(\frac{1}{R_{S1}} + \frac{1}{R_{S2}} + \cdots + \frac{1}{R_f}\right)^{-1}$ となります．

*11 新日本無線（株），http://www.njr.co.jp/

スイッチされたマイク信号は，拡張装置にも供給されます．

3.4　電子スイッチ

実際のスイッチは，リモートコントロールのしやすさとクリックノイズの観点から，機械スイッチではなく FET を用いた電子スイッチを採用しています．FET の原理については文献 [1] や電子回路の教科書を参照してください．

…だけでは説明になりませんので，簡単にふれます．本装置で用いている FET は，最もポピュラーな N チャンネル FET の 1 つである 2SK30A です．ゲート電圧が高くなるほどソースードレイン間の抵抗が小さくなって電流が流れやすくなります．この原理を利用します．

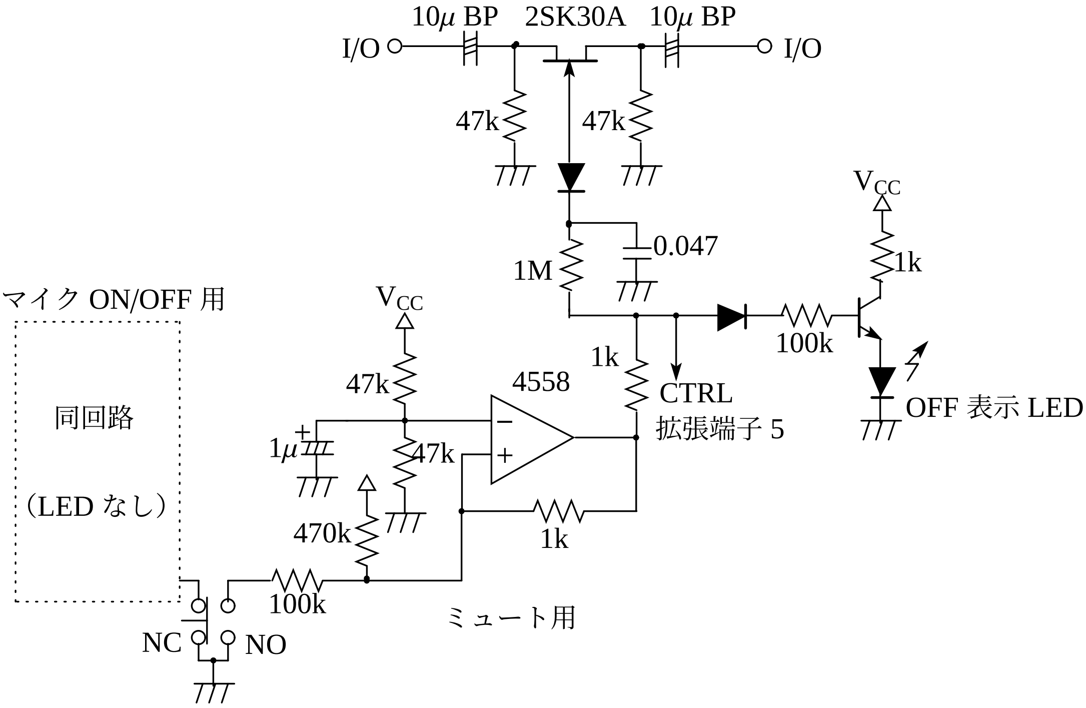


図 6: 電子スイッチの回路図

図 6 に電子スイッチ部の回路図を示します．CTRL の上部が FET のスイッチ，下部がコントロール電圧発生回路となっています．右はリモート端子につないだプッシュスイッチに内蔵された LED を光らせる回路です．マイク，ミュートが OFF のときに光ります．

プッシュスイッチを GND に落とすとコントロール電圧は L (V_{EE}) となり，FET のスイッチは OFF になります．オープンにするとゲート電圧は H (V_{CC}) となり，ON となります（表 2 ）．

本装置で用いたプッシュスイッチは，モーメンタリー[*12]3 端子型（NO, NC, COM）です．スイッチを押していない状態では，NO–COM 間はオープンで NC–COM 間はつながっています．スイッチを押すと逆に，NO–COM 間がつながり NC–COM 間はオープンになります．したがって，NO

[*12] オルタネート型と逆で，スイッチを押してもロックされないタイプです．

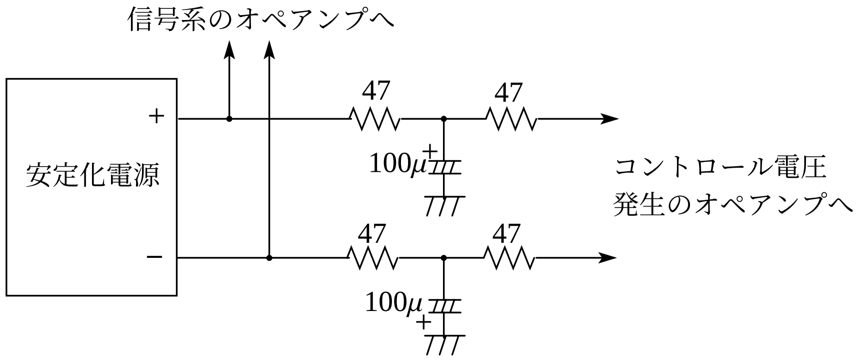


図 7: 電源フィルターの回路図

をミュート動作側に，NC をマイクスイッチ側に使用しています．

現在では，このプッシュスイッチの機能をリレーで行っています．そのためのリレーボックスを追加しています．

表 2: ミュート側の動作表（マイク側はこの逆の動作）

	プッシュスイッチ	ゲート電圧	電子スイッチ
無操作	GND (ON)	L	OFF
押す	OPEN (OFF)	H	ON

コントロール電圧発生部では，オペアンプ（NJM4558D）をコンパレータとして使っています．出力の変化が急激なため，その変動を安定化電源は吸収しきれません．そうなると，プッシュスイッチを ON/OFF するたびに「ブチッ」というノイズが入ってしまいます．これを防ぐために図 7 に示すオペアンプの電源にフィルターを入れる必要があります[*13]．低抵抗と大容量のコンデンサで電圧変化のショックを和らげています．

ライン側のコントロール電圧は，拡張端子を経て拡張装置へ伝送され，拡張装置のライン信号をミュートさせるために使用します．

3.5 電源装置

サイズなどの制約のため，本体には電源を内蔵することができませんので，本体に必要な電源を供給するための電源装置を別に製作しました．その回路を図 8 に示します．ブリッジダイオードによる両波整流となっています．出力は DC±12 V，200 mA max です．実際のトランスの定格出力は，±15 V（0，15，27，30 V の端子があり，電源装置では 0，15，30 V の端子を使っています），300 mA ですが，12 V のレギュレータがありますので実際の出力電圧は 12 V です．トランスの 1 次側に並列に入っているコンデンサーは，スイッチを ON/OFF したときのクリックノイズを減少

[*13] 製作当初このフィルターはなく，散々クリックノイズに悩まされました．

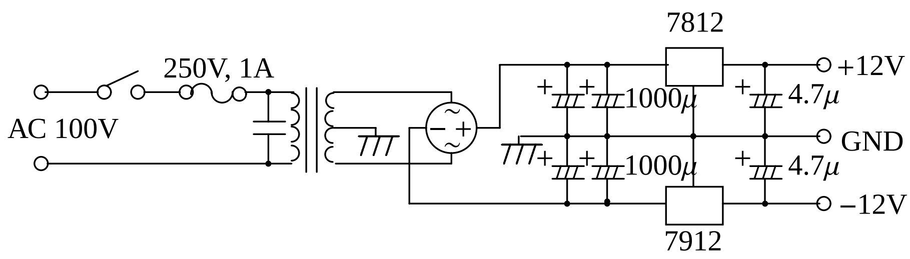


図 8: 電源装置の回路図

させるためのものです．容量はわからなくなってしまいました．

電源装置にはパイロットランプはありません．また，ヒューズは 250 V，1 A となっています．容量にはだいぶ余裕をもたせてありますが，故障の原因となりますので，トークバック装置，カフ以外には使用しないでください*14．

3.6　端子結線

本体のコネクタの結線表です．電源端子には 3 ピンメタルコネクタ*15，リモート端子と拡張端子には 5 ピンメタルコネクタを使用しています．

表 3: 各端子の結線表

電源端子

1	GND
2	+12V
3	−12V

リモート端子

1	GND
2	−12V
3	NO
4	NC
5	LED

拡張端子

1	GND
2	MIC
3	V_{CC}
4	V_{EE}
5	CTRL

4　拡張装置

4.1　概要

トークバック装置本体は，ヘッドホンアンプと接続することを前提に製作しましたが，スピーカー使用もできるように，ステレオ入力に対応した同様のユニットが拡張装置です．基本設計は本体と同じですが，電源，マイク信号（増幅後），コントロール電圧は本体から供給されます．また，ミュート量は固定です．したがって，本体よりも若干シンプルな構成となっています．

*14 メーカーの製品の取扱説明書みたいです…　無理な使い方をしなければ大丈夫（なはず）です．

*15 梅澤の「マイクコネクタ」です．

4.2　ブロックダイヤグラム

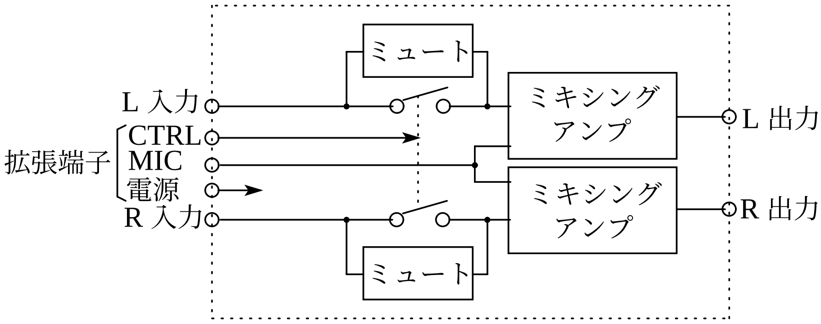


図 9: 拡張装置のブロックダイヤグラム

図 9 は拡張装置のブロックダイヤグラムです．構成は 4.1 節で説明したとおりです．ライン信号のミュート量を決める抵抗は固定です（数 100 kΩ）．もしもミュート量を変更したいときは，この抵抗を交換してください．本当は可変にしたかったのですが，コンパクトな 2 連 500 kΩ のボリュームがなかったため，固定式になった次第です．当然のことながら，左チャンネルと右チャンネルの抵抗値は同じにしないと，左右でミュート量が違ってしまいます．

本体と接続するためのコネクタの配線は，本体側と同じになっています（表 3 ）．

各部の回路は，本体とほとんど同じですので，省略します．

参考文献

[1] 大塚明『サウンドクリエイターのための電気実用講座』（洋泉社，1995 年）．
[2] 岡村廸夫（みちお）『定本 OP アンプ回路の設計』（CQ 出版社，1990 年）．